



⑫

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

⑬ Anmeldenummer: 90250215.2

⑭ Int. Cl.<sup>5</sup>: H04B 10/16

⑮ Anmeldetag: 23.08.90

⑯ Priorität: 25.08.89 DE 3928116

Anmelder: Heinrich-Hertz-Institut für  
Nachrichtentechnik Berlin GmbH  
Einsteinufer 37  
D-1000 Berlin 10(DE)

⑰ Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
27.02.91 Patentblatt 91/09

⑯ Benannte Vertragsstaaten:  
AT BE CH DE ES FR GB IT LI NL

⑰ Erfinder: Kohn, Ulrich, Dipl.-Ing.  
Amselweg 4  
D-7151 Grosserlach(DE)  
Erfinder: Ludwig, Reinhold, Dipl.-Ing.  
Peter-Vischer-Strasse 5  
D-1000 Berlin 41(DE)

⑯ Anmelder: ANT Nachrichtentechnik GmbH  
Gerberstrasse 33  
D-7150 Backnang(DE)

### ⑤ Datennetz mit Lichtwellenleitern.

⑤ In einem rein optischen Datennetz sollen mehrere Teilnehmerstationen über ein- und denselben Lichtwellenleiter bidirektional miteinander verkehren können und nur ein einziger Typ einer elektro-optische Schaltungsanordnung zum Einsatz gelangen.

Die in das Lichtwellenleiternetz eingefügten optischen Verstärker (OV<sub>n</sub>, OV<sub>n+1</sub>, ...) sind mit zusätzlichen Ein- und Ausgangsschaltungen für elektrische Signale ausgerüstet und für die Betriebsarten "Optische Verstärkung/dazu simultane Empfangssignalwandlung/Sendesignalwandlung" ein-

gerichtet. Sie befinden sich an den Teilnehmeranschlußstellen und ersetzen gegenüber herkömmlichen Netzen optische Koppler und unterschiedliche opto-elektronische Komponenten. Bei den Lasern in den optischen Verstärkern (OV<sub>n</sub>, OV<sub>n+1</sub>, ...) arbeitet der optische Streifenwellenleiter in beiden Richtungen gleichermaßen. Somit braucht das Lichtwellenleiternetz nicht als geschlossener Ring ausgeführt zu werden, es ist beliebig erweiterbar.

Anwendung als lokales Netz, Rechnerbussystem usw.

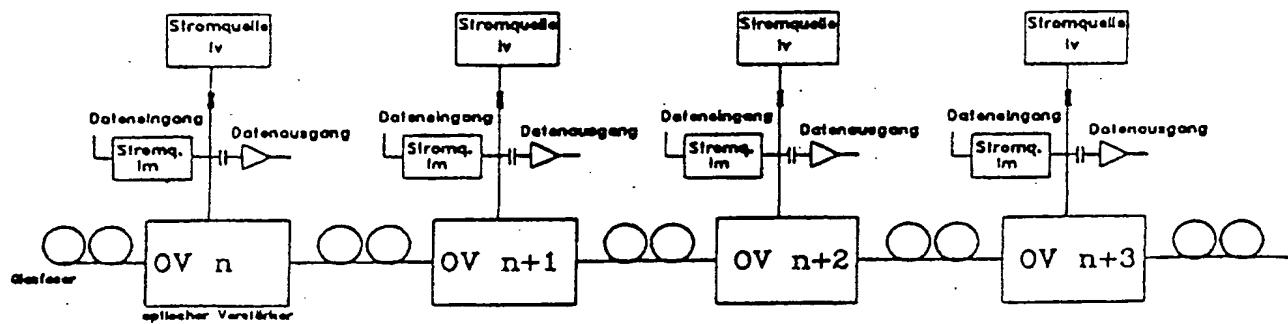


Fig. 2

## DATENNETZ MIT LICHTWELLENLEITERN

Die Erfindung bezieht sich auf ein Datennetz, in dem die angeschlossenen Teilnehmerstationen über Lichtwellenleiter miteinander verbunden sind. Im Aufsatz "Private Datennetze mit Lichtwellenleitern" in PKI Technische Mitteilungen 1/1989, ab Seite 63, werden optische Netze diskutiert; dabei handelt es sich um nicht rein optische Netze, sondern um Punkt-zu-Punkt-Verbindungen mit elektro-optischer Zwischenstufe sowie um Endverteilungen in Kupfertechnik. Die elektro-optischen Zwischenstufen sind dabei jeweils mit Lasern als Sender und Photodioden als Empfänger realisiert. Im Aufsatz von Jan P. van der Ziel in "Journal of lightwave technology" Volume 7 Number 2, vom Februar 1989, ab Seite 347ff, "Characteristics of 1,3  $\mu$ m indium gallium arsenide phosphide lasers..." sind auch Anwendungen derartiger Laser als Photodetektoren beschrieben. Ferner sind Übertragungssysteme mit optischen Verstärkern bekannt, beispielsweise durch den Aufsatz von M.J. O'Mahony in "Journal of lightwave technology" Volume 6 Number 4, vom April 1988, Seiten 531ff, "semiconductor laser optical amplifiers for use in future fiber systems".

Der vorliegenden Erfindung lag die Aufgabe zugrunde, ein Datennetz der eingangs genannten Art anzugeben, das eine aufwandsarme, auch bidirektionale Anwendung der Glasfaser bis zum Teilnehmeranschluß ermöglicht. Dabei soll eine Punkt-zu-Mehrpunktverbindung möglich sein. Weiterhin soll eine problemlose Erweiterbarkeit gestattet sein.

Diese Aufgabe wurde gelöst mit den Merkmalen des Patentanspruches 1. Vorteilhafte Ausgestaltungen ergeben sich durch die Unteransprüche.

Vorzüge des erfindungsgemäßen Datennetzes bestehen beispielsweise darin, daß geringfügige bauliche Ergänzungen am optischen Verstärker zu einer elektro-optischen Schaltungsanordnung führen, die auch die Funktionen eines Senders und eines Empfängers erfüllt und keinen optischen Koppler erfordert. Diese Schaltungsanordnung bildet damit die wesentliche netzseitige Komponente einer Teilnehmerstation und ist dort für Inspektions- und Wartungsarbeiten leicht zugänglich und zudem bezüglich der Energieversorgung der optischen Verstärker im Netz örtlich günstig zu installieren. An die Stelle unterschiedlicher Komponenten in großer Vielfalt, wie sie bei konventionellen Übertragungssystemen benötigt werden, tritt bei Ausführungsformen der Erfindung ein einziger Typ einer elektro-optischen Schaltungsanordnung. Weiterhin ist bei dem erfindungsgemäßen Datennetz infolge der Eigenschaft der aktiven Zone des Lasers, in beiden Richtungen gleichermaßen betrieben werden zu können, eine bidirektionale Übertragung

über ein und denselben Lichtwellenleiter möglich. Mit wenig Aufwand läßt sich also ein effektives, rein optisches Netz aufbauen und jederzeit problemlos erweitern. Als Einsatzgebiete kommen lokale Netze, Rechnerbussysteme usw. mit hohen Bitraten, beispielsweise 560 Mbit/s, und mit Datentransparenz in Frage. Ein weiterer Vorteil wird darin gesehen, daß mit einem solchen Datennetz auch große Entfernung überbrückbar sind.

Es folgt nun die Beschreibung der Erfindung anhand der Figuren.

Figur 1 zeigt schematisch eine elektro-optische Schaltungsanordnung für einen optischen Verstärker mit den zusätzlichen Komponenten für Senden/Empfängen;

Figur 2 zeigt als Blockschaltbild ein lokales Liniennetz mit optischen Verstärkern gemäß Figur 1 als Sender, Empfänger und Verstärker.

In Figur 3 ist ein herkömmlicher optischer Verstärker perspektivisch sowie im Querschnitt dargestellt, und

in Figur 4 sind zwei Kennlinien eines optischen Verstärkers aufgetragen.

Die in Figur 1 schematisch dargestellte elektro-optische Schaltungsanordnung besteht aus einem Halbleiterlaserverstärker OA mit seiner Stromversorgung für eine Vor-oder Gleichstrom  $I_V$  für den Verstärkerbetrieb. Außerdem befinden sich ein Sendeverstärker  $V_S$  an einem Dateneingang und ein Empfangsverstärker  $V_E$  an einem Datenausgang. Von diesen beiden Verstärkern  $V_S$ ,  $V_E$  ist entweder der eine, der andere oder keiner von beiden in Betrieb. Die elektrischen Komponenten sind induktiv bzw. kapazitiv an den elektrischen Anschluß des Laserverstärkers OA gekoppelt, d.h. wechsel- bzw. gleichspannungsmäßig voneinander getrennt. Der Laserverstärker OA arbeitet bidirektional, verstärkt also jeweils von einer Faser eintretende und in die andere Faser gelangende Lichtwellen oder sendet Lichtwellen in beide Fasern und ist an den Facetten der aktiven Zone mit Antireflexionsschichten versehen.

In Figur 2 ist der Verlauf eines Liniennetzes erkennbar, wobei im Zuge der Glasfaser einige optische Verstärker OVn, OVn+1, OVn+3 einge-fügt sind. Diese optischen Verstärker sind jeweils an eine Stromquelle  $I_V$  über einen Widerstand mit sehr hohem Wechselwiderstand, also beispielsweise über eine Induktivität, angeschlossen. an dieser Induktivität können elektrische Wechselstromsignale abgegriffen werden, die der optische Verstärker in seiner Empfänger-betriebsweise aus den aus der einen oder der anderen Richtung ankommenden optischen Signalen bereitstellt und die über einen kapazitiv angekoppelten elektrischen Verstärker ei-

nem Empfänger zugeführt werden. Gegenüber von diesem Datenausgang ist ein Dateneingang gezeichnet; über ihn einlätzlich zu der Vorstromquelle  $I_V$  in den optischen Verstärker einspeist. Dabei arbeitet der optische Verstärker in seiner Sender-Betriebsweise, d.h. in der Betriebsart "Sendesignalwandlung". Vom Wert des Vorstroms  $I_V$  hängt der Arbeitsbereich des optischen Verstärkers, nämlich Verstärkungsfaktor, Empfindlichkeit, spontane Emission, ab (siehe hierzu Figur 4, welche zum einen die Empfindlichkeit und zum anderen die Verstärkung, aufgetragen über dem Strom, zeigt). Wenn der Modulationsstrom  $I_M$  abgeschaltet ist, arbeitet der optische Verstärker in der Betriebsart "Optische Verstärkung" bzw. simultan als Empfänger in der Betriebsart "Empfangssignalwandlung".

Typische Werte für die Empfindlichkeit sind bei einem Labormuster eines optischen Verstärkers etwa 150 mV/mW. Die spontane Emission von ca. 0,2 mW wird an beiden Seiten des optischen Verstärkers in die Fasern eingekoppelt. Die Verstärkung liegt bei etwa 20 dB, wird im allgemeinen bei Ausführungsformen der Erfindung jedoch nicht in dieser Höhe benötigt. Durch Überlagern des Vorstroms  $I_V$  mit dem Modulationsstrom  $I_M$  im Sendebetrieb wird die Leistung der spontanen Emission moduliert. Bei einem Vorstrom von z.B. 50 mA sollte der Modulationsstrom etwa  $\pm 40$  mA betragen. Dem entspricht eine spontane Emissionsleistung von etwa 0,5 mW bei einer gesendeten binären 1 und  $<50$   $\mu$ W bei einer gesendeten binären 0.

Wegen der Bidirektionalität eines solchen Netzes ist für dieses Netz kein geschlossener Ring erforderlich. Für jede angeschlossene Teilnehmerstation ist zum Zugriff auf das Lichtwellenleiternetz lediglich ein einziger optischer Baustein notwendig, dessen Funktion der optische Verstärker übernimmt, während bei bisherigen oder herkömmlichen Systemen jeweils pro Übertragungsrichtung ein optischer Koppler, eine Sende- und eine Empfangsdiode erforderlich sind.

In Figur 3 ist der Streifenwellenleiter eines optischen Verstärkers mit der aktiven Zone erkennbar. An den beiden Facetten befinden sich hier nicht dargestellte Antireflexionsschichten. Die aktive Zone weist eine Höhe von etwa 0,2  $\mu$ m bei einer Breite von etwa 2  $\mu$ m und einer Länge von etwa 300  $\mu$ m auf. Die zu verstärkende Lichtwelle tritt auf einer Schmalseite der aktiven Zone ein, die verstärkte tritt auf der gegenüberliegenden Schmalseite aus. Die Kopplung des Verstärkers mit den Glasfasern erfolgt durch verjüngte Faserenden (vgl. Fig. 1), sogenannter Taper, mit angeschmolzenen Mikrolinsen. Typische Koppelverluste liegen bei 3 dB pro Seite, so daß die Verstärkung von Faser zu Faser um etwa 6 dB kleiner als die interne Verstärkung ist. Bei der Realisierung eines lokalen Netzes

mit optischen Verstärkern kann die sich mit jedem weiteren optischen Verstärker aufsummierende spontane Emission ein Problem darstellen, da nicht nur der Sender ein optisches Signal emittiert, sondern auch alle Verstärker ein Gleichlicht aussenden. Das kann zu einer Sättigung der optischen Verstärker führen, wobei Sättigung bedeutet, daß das optische Eingangssignal einen zu hohen Wert annimmt und den optischen Verstärker in die Begrenzung bringt. Abhilfe schafft hier die Kombination eines optischen Verstärkers mit einem optischen Filter. Als Element mit diesen Eigenschaften kann ein DFB-Laser, ein DBR-Laser oder ein Mehrzonen-Laser eingesetzt werden. Durch deren wellenlängenselektive Zonen wird ein sehr schmales Band im optischen Spektrum ausgefiltert. Dann stellt die spontane Emission kein Problem mehr dar. Zusätzlich kann durch Wahl des Vorstromes im Sendebereich wieder ein Laserverhalten erreicht werden, so daß zum Senden nicht mehr spontane Emission sondern Laserlicht verwendet wird.

### Ansprüche

25

1. Datennetz, in dem die angeschlossenen Teilnehmerstationen über Lichtwellenleiter miteinander verbunden sind und das in Lichtwellenleiterstrecken eingefügte optische Verstärker ( $O_{Vn}$ ,  $O_{Vn+1}$ , ...) aufweist, die am elektrischen Steueranschluß mit

30

Ein- und Ausgangsschaltungen für elektrische Signale ausgerüstet und somit als Koppel- und Teilnehmeranschlußstellen ausgebildet und für die Betriebsarten "Optische Verstärkung/Optische Verstärkung" und simultane Empfangssignalwandlung/Sendesignalwandlung" eingerichtet sind, wobei

35

- in der Betriebsart "Optische Verstärkung" die Höhe des Vorstromes ( $I_V$ ,  $I_V$ ) die Verstärkung ein-treffender Signale bestimmt.

40

- in der dazu simultanen Betriebsart "Empfangssignalwandlung" die dem Vorstrom ( $I_V$ ,  $I_V$ ) überlagerten, opto-elektrisch gewandelten Signale der Teilnehmerstation zugeführt werden,

45

- in der Betriebsart "Sendesignalwandlung" dem Vorstrom ( $I_V$ ,  $I_V$ ) ein ihn modulierendes, sich den abzusendenden Signalen entsprechend ändernder Modulationstrom ( $I_M$ ) überlagert wird.

50

2. Datennetz nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtwellenleiter bidirektional betrieben werden.

55

3. Datennetz nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtwellenleiter ein Liniennetz mit Busstruktur bilden.

60

4. Datennetz nach Anspruch 1, 2 oder 3, gekennzeichnet durch Zeitmultiplexbetrieb, wobei zur selben Zeit jeweils nur eine der angeschlossenen Teilnehmerstationen in der Betriebsart

"Sendesignalwandlung" und die anderen entweder in der Betriebsart "Optisch Verstärkung" oder "Optische Verstärkung und simultane Empfangssignalwandlung" arbeiten.

5. Datennetz nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß im Zeitschlitz der sendenden Teilnehmerstation eine von allen anderen Teilnehmerstationen auswertbare Signalisierung enthalten ist, die alle anderen Teilnehmerstationen für die Betriebsart "Sendesignalwandlung" sperrt und berechtigte Teilnehmerstationen für die Betriebsart "Simultane Empfangssignalwandlung" entsperrt.

5

6. Datennetz nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die optischen Verstärker (OVn, OVn + 1, ...) an den Laser-Faser-Kopplstellen mit optischen Filtern ausgestattet sind, die infolge spontaner Emission und Aufsummierung derselben in den optischen Verstärkern (OVn, OVn + 1, ...) hervorgerufene oder zu befürchtende Sättigung verhindern.

10

7. Datennetz nach Anspruch 6, gekennzeichnet durch Einsatz eines DFB- oder eines DBR-Lasers in einem optischen Verstärker (OVn, OVn + 1, ...).

15

20

25

25

30

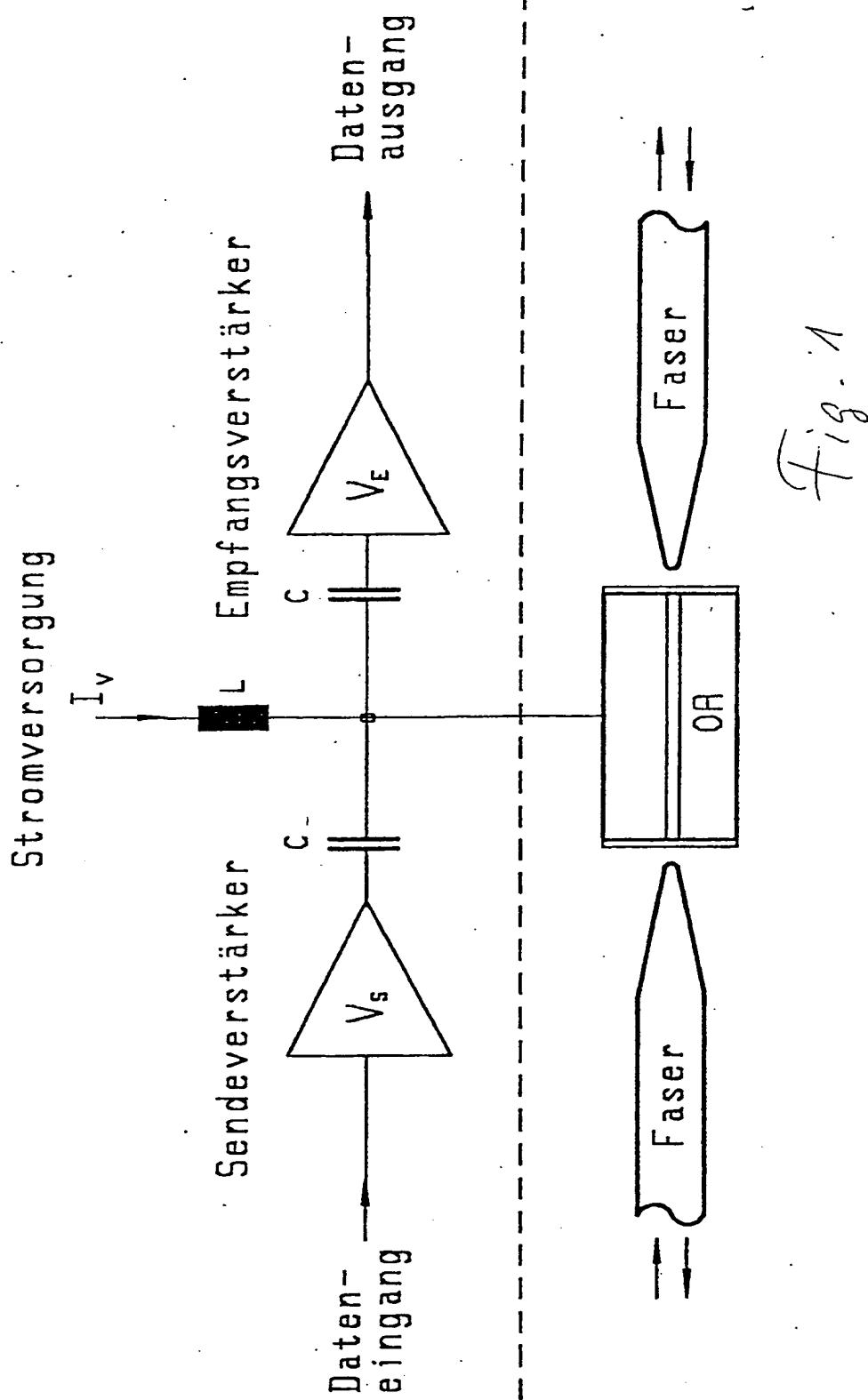
35

40

45

50

55



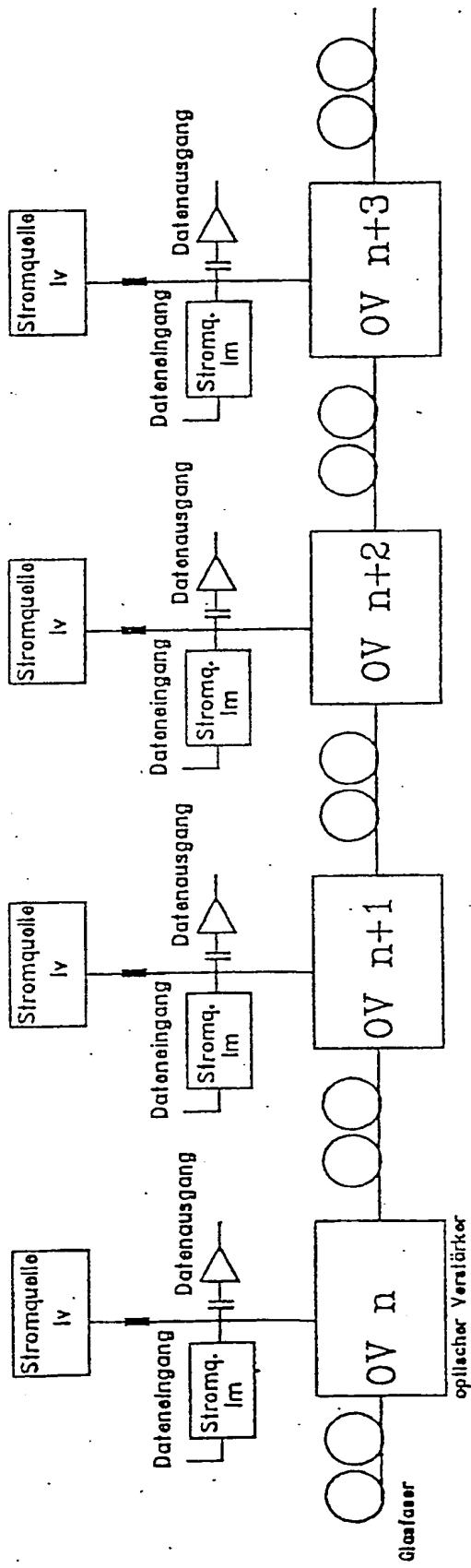


Fig. 2

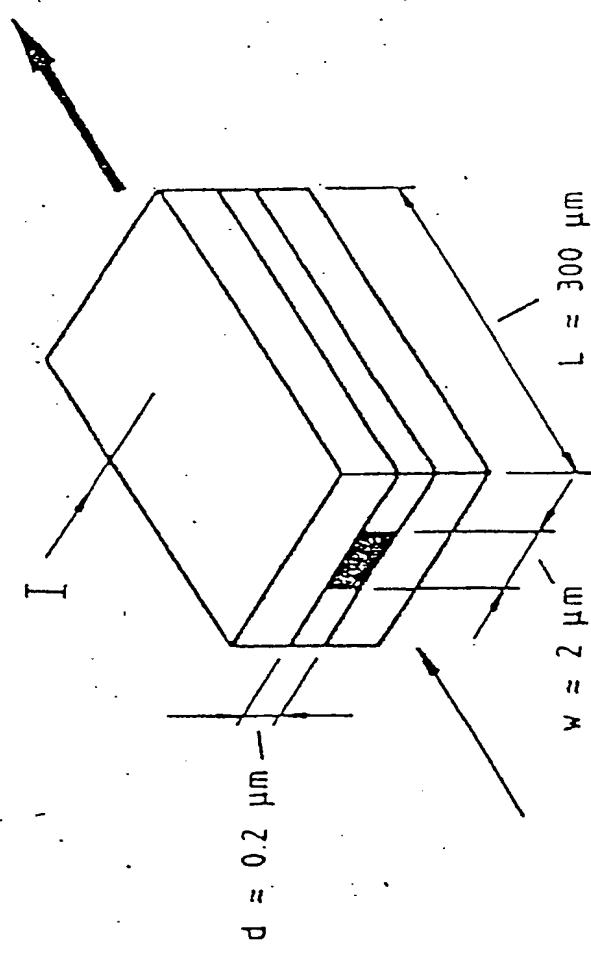
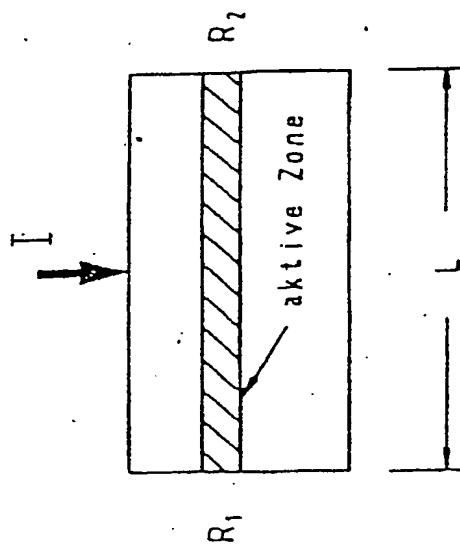
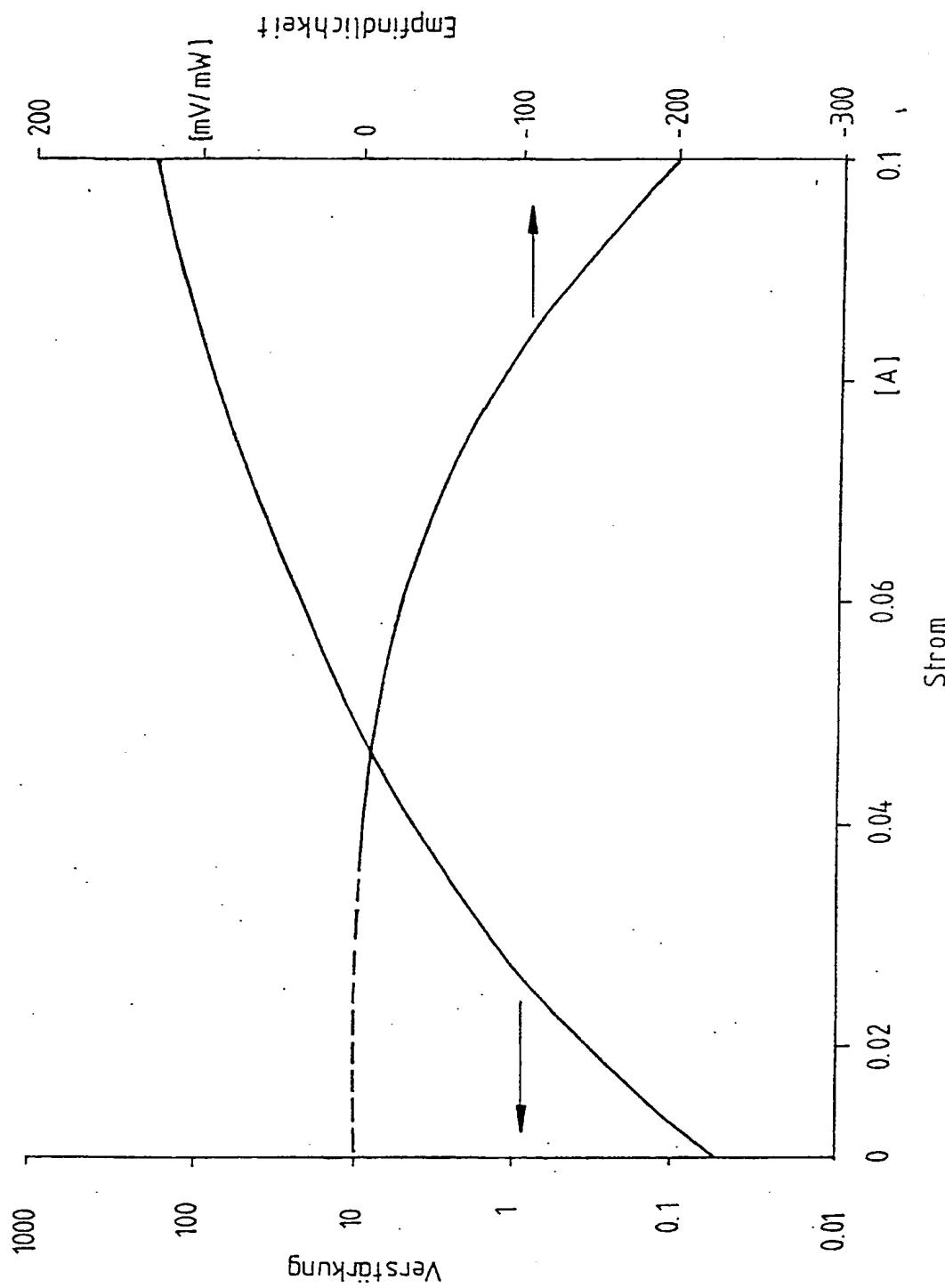


Fig. 3

Fig. 4





⑫

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

⑬ Anmeldenummer: 90250215.2

⑮ Int. Cl. 5: **H04B 10/16**

⑭ Anmeldetag: 23.08.90

⑯ Priorität: 25.08.89 DE 3928116

W-7150 Backnang(DE)

⑰ Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
27.02.91 Patentblatt 91/09

Anmelder: **Heinrich-Hertz-Institut für  
Nachrichtentechnik Berlin GmbH  
Einsteinufer 37  
W-1000 Berlin 10(DE)**

⑯ Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE CH DE ES FR GB IT LI NL**

⑰ Erfinder: **Kohn, Ulrich, Dipl.-Ing.  
Amselweg 4  
W-7151 Grosserlach(DE)**  
Erfinder: **Ludwig, Reinhold, Dipl.-Ing.  
Peter-Vischer-Strasse 5  
W-1000 Berlin 41(DE)**

⑰ Anmelder: **ANT Nachrichtentechnik GmbH  
Gerberstrasse 33**

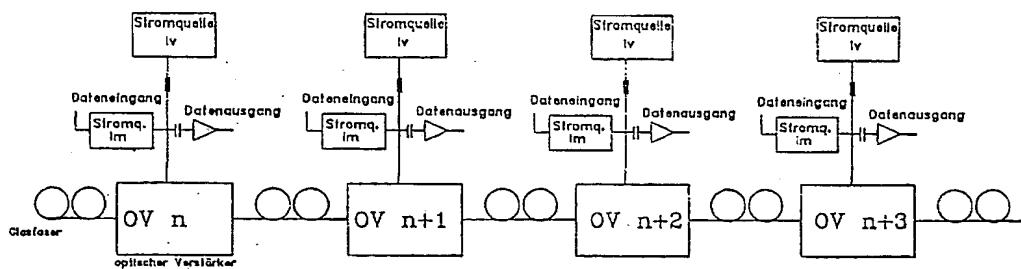
### ⑯ Datennetz mit Lichtwellenleitern.

⑯ In einem rein optischen Datennetz sollen mehrere Teilnehmerstationen über ein- und denselben Lichtwellenleiter bidirektional miteinander verkehren können und nur ein einziger Typ einer elektro-optische Schaltungsanordnung zum Einsatz gelangen.

Die in das Lichtwellenleiternetz eingefügten optischen Verstärker (OVn, OVn + 1, ...) sind mit zusätzlichen Ein- und Ausgangsschaltungen für elektrische Signale ausgerüstet und für die Betriebsarten "Optische Verstärkung/dazu simultane Empfangssignalwandlung/Sendesignalwandlung" ein-

gerichtet. Sie befinden sich an den Teilnehmeranschlußstellen und ersetzen gegenüber herkömmlichen Netzen optische Koppler und unterschiedliche opto-elektronische Komponenten. Bei den Lasern in den optischen Verstärkern (OVn, OVn + 1, ...) arbeitet der optische Streifenwellenleiter in beiden Richtungen gleichermaßen. Somit braucht das Lichtwellenleiternetz nicht als geschlossener Ring ausgeführt zu werden, es ist beliebig erweiterbar.

Anwendung als lokales Netz, Rechnerbussystem usw.



Bk 89183 Fig. 2



EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE

Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.5)		
A	DE-A-3 732 626 (SIEMENS) * Zusammenfassung; Spalte 2, Zeile 63 - Spalte 3, Zeile 19 *	1,4,5,7	H 04 B 10/16		
A	US-A-4 327 962 (REDMAN) * Zusammenfassung; Anspruch 1 *	1,2			
A	IEEE TRANSACTIONS ON COMMUNICATIONS, Band COM-35, Nr. 3, April 1987, Seiten 419-426, IEEE, New York, US; S. WAGNER: "Optical amplifier applications in fiber optic local networks" * Einführung; Figuren 1,5 *	1,3			
A	FR-A-2 546 012 (THOMSON-CSF) * Figuren 1,3; Anspruch 1 *	1-4			
A	ELECTRONICS LETTERS, Band 23, Nr. 12, 4. Juni 1987, Seiten 649-651, IEE, Stevenage, Herts, GB; H.J. WESTLAKE et al.: "Bidirectional and two-channel transmission system measurements using a semiconductor-laser-amplifier repeater" * Einführung; Figur 1 *	1,2,4,6			
			RECHERCHIERTE SACHGEBiete (Int. Cl.5)		
			H 04 B H 01 S		
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt					
Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer			
Den Haag	08 April 91	GOUDELIS M.			
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE					
X: von besonderer Bedeutung allein betrachtet					
Y: von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie					
A: technologischer Hintergrund					
O: nichtschriftliche Offenbarung					
P: Zwischenliteratur					
T: der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze					
E: älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmelde datum veröffentlicht worden ist					
D: in der Anmeldung angeführtes Dokument					
L: aus anderen Gründen angeführtes Dokument					
&: Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument					